

РАСЧЕТНОЕ И ПОЛУПРОМЫШЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПАТЕНТИРОВАНИИ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ КАТАНКИ И ПРОВОЛОКИ

Макарушина О. Б.

Руководитель – профессор, д.т.н., Сычков А. Б.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский Государственный Технический

Университет им. Г.И.Носова», г.Магнитогорск

Nemudraya74@mail.ru

Традиционно в нашей стране нагрев проволоки для патентирования осуществляется в электрических или газовых печах, а также с помощью прямого пропускания тока. В качестве закалочной среды используется расплав свинца или соли (селитра - азотнокислый натрий и калий, их смеси) [1]. В работе [2] проведён патентный обзор имеющихся способов нагрева и контролируемого охлаждения проволоки после аустенитизации, используемых за рубежом. В результате анализа, мы пришли к выводу, что применяемые в отечественном производстве патентировочные среды малоэффективны, а используемые режимы патентирования в свинце катанки и проволоки малых и больших диаметров не рациональны. Поэтому требуется проведение математического и физического моделирования теплового и структурного процессов, протекающих при патентировании металла.

Компьютерное моделирование процессов термической обработки металлов находит в последнее время широкое применение за рубежом[3,4,5,6,7,8].

В нашем случае, при анализе структурообразования при патентировании высокоуглеродистой проволоки и катанки из стали марки 80 моделирование проводилось в программной среде DEFORM 3D HT на базе ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И.Носова».

Адекватность модели реальному процессу обеспечивалась:

- фактическими свойствами материала (термокинетическая диаграмма) [9];
- расчетными значениями коэффициента конвективного теплообмена α [10];
- скрытой теплотой фазового перехода[11].

Было проведено исследование кинетики распада и структурообразования переохлажденного аустенита для температуры аустенитизации ($t_a = 840, 890$ и 940°C) и температуры изотермической выдержки в свинцовой ванне ($t_c = 480, 510$ и 560°C) на трех профилерах – катанка диаметром 5,5 и 16,0 мм и проволока

диаметром 3,0 мм. В результате компьютерного моделирования получены температурные кривые по сечению образцов и зависимости объёмной доли аустенита и перлита от времени процесса

На рис. 1 для примера, соответственно, представлены зависимости температуры поверхностных и центральных слоёв катанки диаметром 16 мм от времени при температуре печи = 890⁰С и температуре свинцовой ванны 560⁰С и данные по объёмной доле перлита для тех же условий.

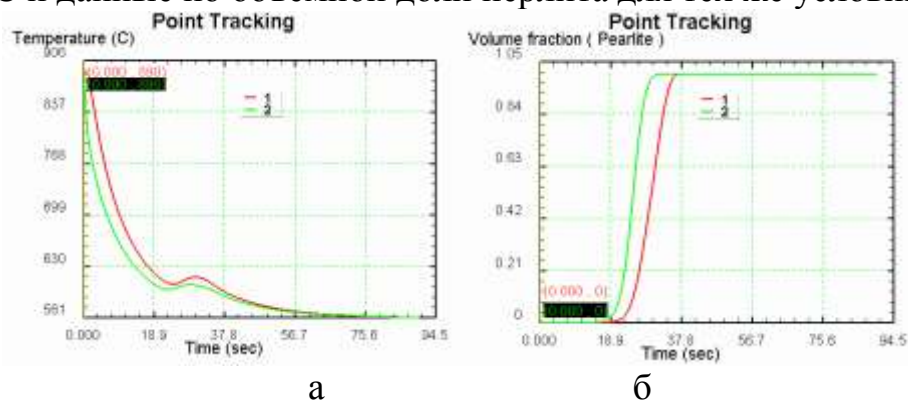


Рис. 1 Результаты моделирования термической обработки катанки диаметром 16 мм при температуре печи = 890⁰С и температуре свинцовой ванны 560⁰С для центральных (1) и поверхностных (2) слоёв программной среде DEFORM 3D HT : а - зависимости температуры от времени; б – зависимость объёмной доли перлита от времени

В результате анализа температурных кривых, полученных при компьютерном моделировании, установлено, что предпочтительным режимом термической обработки катанки диаметром 16,0 мм является температура аустенитизации 890⁰С, температура превращения 560⁰С, поскольку для этого сочетания на кривых охлаждения не наблюдается резких изменений температур по сечению. На основании полученных данных для центральных и поверхностных слоёв катанки (проволоки) было определено необходимое время распада переохлаждённого аустенита и зависимость разницы температур от времени.

Результаты физического моделирования (анализ полученных структур) представлены в таблице, где приняты следующие условные обозначения – С – сорбит, П- перлит, Б- бейнит, Т- троостит, ПП - пластинчатый перлит, СП – сорбитообразный перлит. Анализ данных табл. показывает, что для всех диаметров катанки и проволоки при патентировании наиболее эффективным является диапазон разницы температур (степень переохлаждения) на уровне 310-330⁰С, при котором для проволоки диаметром 3,0 мм формируется структура чистого сорбита, иногда с редкими прожилками феррита (остатки сетки), для катанки диаметром 5,5 мм – сорбитообразный перлит, для проката в бунтах диаметром 16,0 мм – сорбитообразный перлит с участками пластинчатого перлита.

Таблица

Результаты полупромышленного эксперимента

Тп/ тсв	d,мм	940°С	890°С	840°С
560°С	3.0	С, редкие уч. ПП	С, Ф (в виде прожилок)	Ф, зернистый перлит
	5.5	СП (перистая структура ближе к трооститной)	СП	СП, Ф (в виде прожилок), редко
	16.0	П	С,П примерно поровну	Грубый П
510°С	3.0	С	С (участки ПП редко)	СП, уч. ПП (редкие)
	5.5	СП, уч. ПП, уч. ферритной сетки (редко)	С	СП, уч. ПП (редкие)
	16.0	ПП, участки грубого перлита	С, участки ПП	СП,ПП,прожилки феррита
480°С	3.0	Б	Ф,П	Перистая (игольчатая) структура) П и верхнего Б
	5.5	СП (перистая структура ближе к трооститной)	С, ПП	Перистая (игольчатая) структура П и верхнего Б
	16.0	Т, уч. П	С,П	СП, уч. ПП, карбиды внутри зерна

Таким образом, результаты компьютерного моделирования подтверждаются данными физического моделирования.

Литература

1. Потёмкин К.Д. Термическая обработка и волочение высокопрочной проволоки / К.Д. Потёмкин.-М.: Металлургия.-1963.-117 с.
2. Столяров А. Ю. Формирование однородной перлитной структуры патентованной заготовки при производстве высокопрочного шинного корда / А.Ю. Столяров, Н.В. Токарева // Метиз. 2011.- №1.- С.18-24.
3. J. Aghazadeh The optimization of interlamellar spacing in a nanopearlitic lead-patented hypoeutectoid steel wire / J. Aghazadeh, M.Saadatmand // Journal of materials engineering and performance.- Vol. 20(8).-November.- 2011.-p.1467.
4. Henric Alberg Material modeling for simulation of heat treatment / Henric Alberg // Luleå University of Technology University.-2003:07.-p. 22.
5. R.A. Hardin Simulation of heat treatment distortion / R.A. Hardin,C.Beckerman // Technical and operating conference.-Paper № 3.3.-Steel founders society of America.- Chicago.-IL.-2005.
6. B.L. Ferguson Modeling heat treatment of steel parts / B.L. Ferguson, Z.Li, A.M. Freborg // Computational materials science.- 2005.-34.-p.274-281.
7. Heung Nam Han A model for determination temperature and phase transformation behavior of steels on run-out table in hot strip mill / Heung Nam Han, Jae Kon Lee, Hong Joon Kim // Journal of materials processing technology.-2002.-128.- p.216-225.
8. Seok-Jae Lee Finite element simulation of quench distortion in a low-alloy steel incorporating transformation kinetic / Seok-Jae Lee, Young-Kook Lee.- Acta Mat.- 2008.-56.-p.1482-1490.
9. Чукин Д.М. Использование комплекса GLEEBLE 3500 для определения критических точек микролегированной стали 80P [Электронный ресурс] / Чукин Д.М. Чукин, А.С. Ишимов, М.С. Жеребцов, А.И. Мешкова//Международный научно-исследовательский журнал.-Режим доступа: <http://research-journal.org/featured/tech-nical/ispolzovanie-kompleksa-gleeble-3500-dlya-opredeleniya-kriticheskix-tochek-mikrole-girovannoj-stali-80r/>.
10. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин .-М.: ООО ТИД "Альянс".- 2004. - 753 с.
11. Кугушин А.А. Высокопрочная арматурная сталь/А.А. Кугушин, И.Г. Узлов, В.В.Калмыков и др. –М.: Металлургия.- 1986.- 272 с.